

22789

⑤

Int. Cl. 2:

C 21 D 1-02

⑩ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 24 52 486 A1

⑪

# Offenlegungsschrift 24 52 486

⑫

Aktenzeichen:

P 24 52 486.5

⑬

Anmeldetag:

5. 11. 74

⑭

Offenlegungstag:

7. 5. 75

⑮

Unionspriorität:

⑰ ⑱ ⑲

6. 11. 73 Schweden 7315058

⑤

Bezeichnung:

Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes aus gehärtetem Stahl

⑦

Anmelder:

Norrbottens Jernvark AB, Luleaa (Schweden)

⑧

Vertreter:

Mitscherlich, H., Dipl.-Ing.; Gunschmann, K., Dipl.-Ing.;  
 Körber, W., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmidt-Evers, J., Dipl.-Ing.;  
 Pat.-Anwälte, 8000 München

⑨

Erfinder:

Ridderstrale, Calr-Eric, Gammelstad (Schweden)

*NOUSQUIN FdV*

DT 24 52 486 A1

2452486

5. November 1974  
/ay

Norrbottens Jernverk AB  
S-951 00 Luleå /Schweden

### Patentanmeldung

#### Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes aus gehärtetem Stahl

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes aus gehärtetem Stahl mit geringer Dicke und guter Maßhaltigkeit.

Um gehärtete und evtl. angelassene, dünne Werkstücke, z.B. aus dünnem Blech, vorzugsweise unter 3 mm, mit guter Maßhaltigkeit herstellen zu können, wurde bisher das Werkstück, nachdem es auf herkömmliche Weise geformt worden war, aus der Formungseinrichtung herausgenommen, dann gehärtet und angelassen und in eine Einspannvorrichtung eingespannt. Dies ist ein komplizierter Vorgang, der hohe Ansprüche an die Härthbarkeit des verwendeten Stahles stellt.

Die Erfindung bezweckt, diese Nachteile zu beseitigen. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß ein Rohling aus härtbarem Stahl auf Härtungstemperatur erhitzt und danach zu seiner gewünschten endgültigen Form in einer Formungseinrichtung geformt wird, in der das Werkstück einer wesentlichen Formveränderung unterzogen und schnell gekühlt wird, so daß es ein martensitisches und/oder bainitisches Gefüge erhält.

509819/0848

Die gemäß der Erfindung angewendeten Rohlinge haben vorzugsweise gleichmäßige Dicke.

Als Ausgangswerkstoff wird ein mit Bor legierter Kohlenstoffstahl oder Kohlenstoff-Manganstahl verwendet. Um die gewünschte Kombination von Härte und Zähigkeit zu erhalten, durch die das Anlassen in Fortfall kommen kann, wird ein Stahl verwendet, der 0,4% Kohlenstoff, Silizium in einem von der Stahlerzeugungsmethode abhängigen, im übrigen aber unwesentlichen Gehalt, 0,5-2,0% Mangan, höchstens 0,05% Phosphor und höchstens 0,05% Schwefel, 0,1-0,5% Chrom und/oder 0,05-0,5% Molybdän, bis zu 0,1% Titan, 0,0005-0,01% Bor, bis zu insgesamt 0,1% Aluminium sowie ggf. niedrige, unwesentliche Gehalte von Kupfer und Nickel evtl. in Gehalten bis zu je 0,2% enthält.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein Stahl verwendet, der Kohlenstoff in einer Menge unter oder gleich mit 0,25%, vorzugsweise 0,15-0,25%, Silizium in einem von der Stahlerzeugungsmethode abhängigen, im übrigen aber unwesentlichen Gehalt, 0,5-1,5%, vorzugsweise 0,7-1,5% Mangan, höchstens 0,03% Phosphor und höchstens 0,04% Schwefel, 0,1-0,3% Chrom und/oder 0,05-0,5% Molybdän, 0,02-0,1%, vorzugsweise 0,02-0,05% Titan, 0,001-0,007%, vorzugsweise 0,001-0,005% Bor, 0,03-0,1%, vorzugsweise 0,03-0,07% Aluminium sowie ggf. niedrige, unwesentliche Gehalte von Kupfer und Nickel evtl. in Gehalten bis zu je 0,2% enthält. Der Stahl ist an und für sich vorbekannt.

Der Stahl wird auf Härtungstemperatur, d.h. auf eine über  $A_{c3}$  liegende Temperatur erhitzt, wo er sich in austenitischem Zustand befindet. Der Stahl wird vorzugsweise auf eine Temperatur zwischen  $775^{\circ}\text{C}$  und  $1000^{\circ}\text{C}$  erhitzt.

Das Formen ist in erster Linie ein Preßvorgang. Die Erfindung kann jedoch auch bei anderen Formungsmethoden, z.B. Gesenkschnieden,

Strangpressen und Explosionsformung angewendet werden.

Der Rohling wird beim Pressen zwischen zwei Werkzeugen oder mit Hilfe eines Druckmittels gegen ein Werkzeug geformt. Es ist wünschenswert, eine schnelle Presse anzuwenden, die so konstruiert ist, daß Lage und Geschwindigkeit des Werkzeuges (der Werkzeuge) während des ganzen Prozesses gesteuert werden können. Es ist somit wünschenswert; die Formung in weniger als fünf Sekunden, vorzugsweise in weniger als drei Sekunden, auszuführen, damit das Formen abgeschlossen ist, bevor das gewünschte Härtegefüge erhalten wird.

Das Formen und Kühlen ist so schnell durchzuführen, daß sich ein feinkörniges martensitisches und/oder bainitisches Gefüge ergibt. Die dabei erforderliche Geschwindigkeit hängt von der Zusammensetzung des Stahles ab, d.h. von seinem Continuous Cooling Transformation-Diagramm (CCT-Diagramm). Bei Beendigung der schnellen Kühlung befindet sich das Werkstück fortwährend in der Formungseinrichtung. Das gepreßte Werkstück wird entweder indirekt, durch Kühlung von Teilen der Formungseinrichtung, oder direkt, durch Direktkontakt des Werkstückes mit einem Kühlmittel nach Abschluß der Formung, gekühlt. Da das Werkzeug (die Werkzeuge) während des Kühlens als Einspannvorrichtung dient (dienen), erhält man ein Endprodukt mit guter Maßhaltigkeit.

Aufgrund der Verwendung des der Erfindung speziell angepaßten Stahles können dünne tragende Blech- oder Schalenkonstruktionen mit hoher Festigkeit hergestellt werden. Die Kombination von hoher Festigkeit und guter Zähigkeit ermöglicht die Herstellung auch energieabsorbierender (= stoßdämpfender) Werkstücke. Die gehärteten (und nicht angelassenen) Blechkonstruktionen sind vor allem für Anwendung in Transportfahrzeugen für solche Teile vorgesehen, die erwartungsgemäß bei Kollisionen Stöße auffangen müssen, insbeson-

dere für die Stoßfänger, aber auch für andere Karosserieteile. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß die Teile des Fahrzeuges, die kräftigen Stößen ausgesetzt werden, oder die Fahrzeugteile, bei denen die Gefahr besteht, daß sie kräftigen Stößen ausgesetzt werden können, vorteilhaft nach der Erfindung unter Verwendung des der Erfindung angepaßten Sonderstahles hergestellt werden sollten.

In der Möglichkeit, den Stahl in gehärtetem Zustand ohne anschließendes Anlassen verwenden zu können, liegt ein nicht geringer Vorteil. Sie läßt einen Wärmebehandlungsvorgang in Fortfall kommen und beseitigt eine Quelle für Maßungenauigkeit. Außerdem sind die resultierenden Werkstücke härter.

Um den niedrigen Borgehalt von 0,0005-0,01% voll zur Wirkung kommen zu lassen, sollen die angegebenen Titan- und Aluminiumgehalte dem Stahl vor dem Bor zugegeben werden, damit Sauerstoff und Stickstoff bei der Borzugabe gebunden sind.

Der Borstahl ist ein schweißbarer Baustahl, dem durch eine einfache Wärmebehandlung extrem hohe Festigkeit in Kombination mit guter Zähigkeit vermittelt werden.

Eine Streckgrenze von  $> 120 \text{ kp/mm}^2$  ist bei einer Längsdehnung von ca. 10% nicht ungewöhnlich.

Der Stahl erhält durch die verhältnismäßig große Härte gepaart mit guter Längsdehnung nach der Härtung sehr gute stoßdämpfende Eigenschaften.

Der Borstahl ist in seiner Grundzusammensetzung ein Kohlenstoff-Manganstahl, dem durch eine besondere metallurgische Behandlung und Legierung sehr gute Härtungseigenschaften gegeben wurden.

Durch den Borzusatz erhält der Stahl nach Härtung in Wasser oder Öl ein feinkörniges Gefüge, das aus Niedrigtemperatur-Bainit und angelassenem Hochtemperatur-Martensit besteht. Es ist dieses Gefüge,

das dem Borstahl seine Kombination von Härte und Zähigkeit gibt, im Gegensatz zu einem nicht mit Bor legierten Stahl, der nach Härtung ein sprödes Härungsgefüge erhält.

Abgesehen von den genannten Verbesserungen der mechanischen Eigenschaften hat ein mit Bor behandelter Stahl auch ein bedeutend besseres Durchhärungsvermögen als ein nicht mit Bor behandelter Stahl derselben Grundzusammensetzung.

Die sehr hohen Festigkeitseigenschaften und die guten stoßdämpfenden Eigenschaften ergeben sich nach Härtung. Eine geeignete Härtetemperatur ist ca. 900°C (zwischen 775°C und 1000°C). Für Dicken unter 6 mm wird Abschrecken in Öl oder Salzwasser empfohlen.

Beispiel. Als Beispiel der Erfindung wird auf Tabelle 1 verwiesen, in der die Ergebnisse in Form von Festigkeitswerten und Härten für fünf verschiedene Stahlszusammensetzungen und einige verschiedene Dicken zusammengefaßt sind.

Als Richtwerte für die mechanischen Eigenschaften lassen sich zusammenfassend folgende angeben:

Warmgewalzter oder kaltgewalzter und geglühter Zustand:

$\sigma_S$ kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ %
36-42	50-60	25-35

Gehärteter Zustand: In leichter Abhängigkeit von Abmessung und Härtemittel werden folgende Richtwerte erhalten:

$\sigma_S$ kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ %	Härte HRC	KVU 0°C	kp/cm <sup>2</sup>
120-150	150-170	8-12	45-50	5-1/	

Die Schweißbarkeit der borlegierten Stähle ist nach der Grundanalyse zu beurteilen, somit nach dem Kohlenstoff- und Mangangehalt, da das in der wärmebeeinflussten Zone erhaltene Gefüge für Wasserstoff-

versprödung nicht empfindlich ist. Die Borstähle in der Tabelle können somit leicht wie gewöhnliche hochfeste Baustähle geschweißt werden.

Wenn der Borstahl vor der Formung und Härtung geschweißt werden soll, können die Eigenschaften des Grundwerkstoffes nach Härtung auch in der Schweißnaht dadurch erhalten werden, daß dem Borstahl angepaßte Sonderelektroden zur Anwendung kommen.

TABELLE 1

Beispiele nach Härtung erhaltener Festigkeit

Charge	Dicke mm	Analyse										Festigkeit		Härtemittel
		C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ti %	B %	Al %	$\sigma_{0,2}$ kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ %	Härte	
B 6959	6	0,24	0,37	0,94	0,030	0,019	0,197	0,040	0,0050	0,060	118 174 132 179	10 11	HB 470	10 % Salzlösung
B 7000	6	0,23	0,31	0,95	0,022	0,018	0,154	0,036	0,0031	0,123	120 164	10	HV10 486	"
B 7000	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	145 167	-	HB 455	"
B 8307	6	0,19	0,31	0,77	0,016	0,016	0,207	0,032	0,0029	0,046	112 155 114 156	11 11		"
A 2197	4	0,19	0,23	0,77	0,024	0,024	0,195	0,030	0,0031	0,040	119 153 119 158	10 12		"
B 6938	4	0,23	0,39	0,87	0,020	0,023	0,196	0,043	0,0034	0,069	102 143 96 134	8 8	HRC 42	Al
B 8307	6	0,19	0,31	0,77	0,016	0,016	0,207	0,032	0,0029	0,046	85 96 88 110	9 9		"
B 8500	1,75 1,75 1,75 1,5	0,24 0,27	0,27 0,79	0,016 0,019	0,018	0,040	0,0050	0,139	123 165 92 136	10 9	HVS 550 HVS 435 HV 400-450 HV 420-490	10 9	10% Salzlösung Al Werkzeug Werkzeug	

509819/0848



Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes aus gehärtetem Stahl mit geringer Dicke und guter Maßhaltigkeit, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rohling aus härtbarem Stahl auf Härtetemperatur erhitzt und danach zu der gewünschten endgültigen Form in einer Formungseinrichtung geformt wird, in der das Werkstück einer wesentlichen Formänderung unterzogen und schnell gekühlt wird, so daß es ein martensitisches und/oder bainitisches Gefüge erhält.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling auf eine Temperatur über  $A_{c3}$  und vorzugsweise auf eine Temperatur zwischen  $775^{\circ}\text{C}$  und  $1000^{\circ}\text{C}$  erhitzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Formen und Kühlen so schnell ausgeführt werden, daß ein feinkörniges martensitisches und/oder bainitisches Gefüge erhalten wird, und die erforderliche Schnelligkeit von der Zusammensetzung des Stahles abhängt, d.h. von seinem Continuous Cooling Transformation-Diagramm (CCT-Diagramm).
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Formen zwischen zwei Werkzeugen ausgeführt wird, die schnell zusammengepreßt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß das Formen mit Hilfe eines Druckmittels gegen ein Werkzeug ausgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das nach abgeschlossener Formung ausgeführte Schnellkühlen mit dem fortwährend in der Formungseinrichtung befindlichen gepreßten Rohling erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlen des gepreßten Werkstückes durch Kühlen von Teilen der Formungseinrichtung bewirkt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlen des gepreßten Werkstückes durch Direktkontakt mit einem Kühlmittel bewirkt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangswerkstoff aus einem Rohling gleichmäßiger Dicke besteht, dessen Dicke von der des fertiggeformten Werkstückes um höchstens 25% abweicht.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangswerkstoff ein Stahl ist, der weniger als 0,4% Kohlenstoff, Silizium in einem von dem Stahlerzeugungsverfahren abhängigen, im übrigen aber unwesentlichen Gehalt, 0,5-2,0% Mangan, höchstens 0,05% Phosphor und höchstens 0,05% Schwefel, 0,1-0,5% Chrom und/oder 0,05-0,5% Molybdän, bis zu 0,1% Titan, 0,0005-0,01% Bor, bis zu insgesamt 0,1% Aluminium sowie ggf. niedrige unwesentliche Gehalte von Kupfer und Nickel evtl. in Gehalten bis zu je 0,2% enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl Kohlenstoff in einem Gehalt von unter oder gleich 0,25%, vorzugsweise 0,15-0,25%, Silizium in einem von dem Stahlerzeugungsverfahren abhängigen, im übrigen aber unwesentlichen Gehalt, 0,5-1,5%, vorzugsweise 0,7-1,5% Mangan, höchstens 0,03% Phosphor und höchstens 0,04% Schwefel, 0,1-0,3% Chrom und/oder 0,05-0,5% Molybdän, 0,02-0,1%, vorzugsweise 0,02-0,05% Titan, 0,0005-0,007%, vorzugsweise 0,0005-0,005% Bor, 0,03-0,1%, vorzugsweise 0,03-0,07% Aluminium sowie ggf. geringe unwesentliche Gehalte von Kupfer und Nickel evtl. in Gehalten bis zu je 0,2% enthält.